



1 de noviembre de 2015 | Vol. 16 | Núm. 11 | ISSN 1607 - 6079

ARTÍCULO

LAS HUELLAS DE DINOSAURIOS EN MÉXICO Y SU ESTUDIO

<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num11/art87/>

*Ricardo Servín Pichardo
(Biólogo, asesor y conferencista en temáticas
relacionadas con geología y paleontología)*

LAS HUELLAS DE DINOSAURIOS EN MÉXICO Y SU ESTUDIO

“
La rama de la paleontología
que se encarga del estudio
de los icnofósiles es la
paleoicnología.
”

Resumen

El estudio de las huellas de dinosaurios proporciona información biológica importante. Junto con los fósiles corporales, son evidencias complementarias en la investigación paleontológica de estos vertebrados mesozoicos. Los registros icnológicos de dinosaurios en México, cuyos estudios iniciaron en 1978 y han ido aumentando a partir de la década de 1990, se encuentran ubicados en los estados de Oaxaca, Michoacán, Puebla, Durango, Chihuahua, Coahuila y Sonora, con edades que van del Jurásico Tardío al Cretácico Tardío. Los registros cretácicos son los más abundantes y mejor conocidos.

Palabras clave: icnitas, dinosaurios, grupos, Formación, edad.

THE DINOSAUR TRACKS IN MEXICO AND ITS STUDY

Abstract

The study of dinosaur tracks provides important biological information. Along with body fossils, they are complementary evidence in the paleontological research of these Mesozoic vertebrates. The ichnological records of dinosaurs in Mexico, whose studies begun in 1978 and have been increasing since the 1990s, are located in the states of Oaxaca, Michoacan, Puebla, Durango, Chihuahua, Coahuila and Sonora, with ages from Late Jurassic to Late Cretaceous. The Cretaceous records are the most abundant and best known in our country.

Keywords: *ichnites, dinosaurs, groups, Formation, age.*

LAS HUELLAS DE DINOSAURIOS EN MÉXICO Y SU ESTUDIO

Introducción

Existen diversas evidencias fósiles con las que podemos conocer a los dinosaurios. Estos fósiles pueden dividirse en *fósiles corporales* e *icnofósiles*. Los primeros son los más conocidos popularmente. Se refieren a partes duras que incluyen huesos aislados, esqueletos completos, dientes y garras (THULBORN, 1990). Los icnofósiles incluyen huellas, huevos, nidos, contenidos estomacales, gastrolitos y excrementos (THULBORN, 1990).

Aunque ambos tipos de evidencias (fósiles corporales e icnofósiles) fueron generadas por dinosaurios, tienen orígenes distintos. Las primeras se formaron después de la muerte del organismo; mientras que las segundas, durante su vida (LOCKLEY, 1993). La rama de la paleontología que se encarga del estudio de los icnofósiles es la *paleoicnología* (THULBORN, 1990).

Las huellas fosilizadas en las que nos centraremos en este artículo también se conocen como *icnitas*. Este nombre proviene de la palabra griega *ichnos*, que significa huella (THULBORN, 1990). Éstas pueden encontrarse aisladas (impresiones únicas), pero también pueden formar rastros, los cuales son secuencias de tres o más producidas por el mismo individuo (THULBORN, 1990).

A partir de las icnitas se pueden conocer muchos aspectos de la biología de los dinosaurios (como el modo de desplazamiento, velocidades, dimensiones, comportamiento social, ecología y evolución), así como el paleoambiente en donde se formaron (LOCKLEY, 1993). Mucha de esa información no se puede adquirir a partir de fósiles corporales.

Es posible identificar a los dinosaurios que generaron las icnitas para asignarlas dentro de grupos generales. La identificación puede lograrse mediante la comparación de la morfología de las mismas con las formas reconocidas (morfotipos) para distintos tipos de dinosaurios. Ello es importante porque estas huellas pueden indicar la presencia de ciertos grupos en áreas en que previamente no se conocían mediante otras evidencias. Con base en lo anterior, el estudio de las icnitas de dinosaurios es importante debido a que complementa la información obtenida a partir de las partes corporales como los huesos.

Icnitas de dinosaurios en México

Nuestro país cuenta con varios sitios donde se han encontrado y reportado icnitas de dinosaurios, en los estados de Oaxaca, Michoacán, Puebla, Durango, Chihuahua, Coahuila y Sonora (Fig. 1). Las edades geológicas abarcan desde el Jurásico Medio al Cretácico Tardío (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004; Fig. 2). Aunque la información publicada al respecto varía ampliamente, y algunos de los sitios conocidos están mejor estudiados que otros, todos han revelado información relevante sobre los dinosaurios de México. A continuación se mencionarán los estados con dichos registros divididos con base en su antigüedad. Algunos aparecerán más de una vez porque cuentan con varios sitios de diferentes edades geológicas.

Figura 1. Distribución geográfica de los sitios reportados con icnitas de dinosaurios en México. Jurásico (icnitas azules): A) Santa María Xochitlapilco, B) Tlaxiaco, C) Playa Azul, D) Localidad desconocida en Durango. Edad indeterminada (icnita negra): E) El Oro. Cretácico Temprano (icnita verde claro): F) Formación San Juan Raya (San Martín Atexcal y San Juan Raya). Cretácico medio (icnita amarilla): G) Cerro Cristo Rey. Cretácico Tardío (icnitas verdes oscuras): H) Mitepec, I) El Aguaje, J) Rincón Colorado, K) El Pelillal, L) El Quemado, M) Las Águilas, N) La Parrita, Ñ) Área Sabinas (Santa Helena, Rancho Soledad), O) Fronteras. Modificada de Servín-Pichardo, 2013.

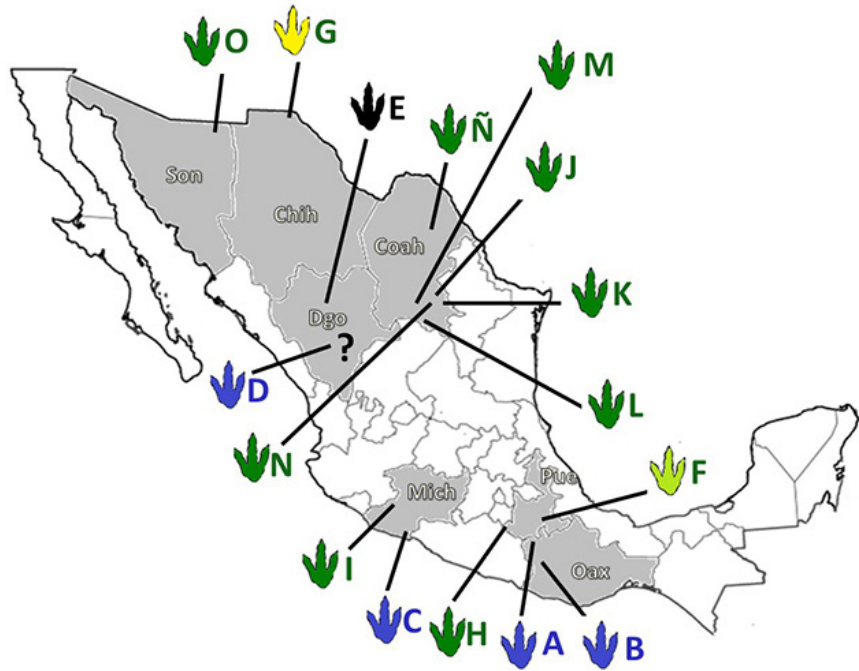
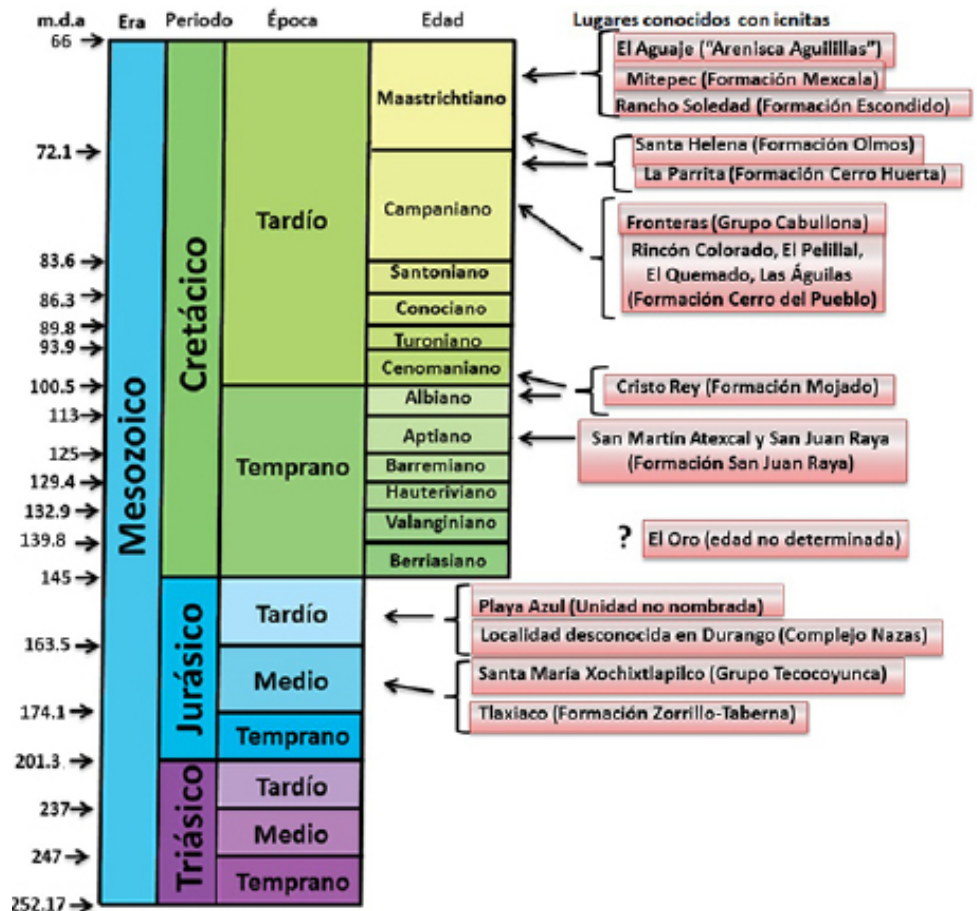


Figura 2. Distribución temporal de los lugares reportados con icnitas de México, con énfasis en las edades cretácicas debido a su abundancia (m.d.a. indica la antigüedad en millones de años).



Iconitas jurásicas

Oaxaca. Este estado contiene el registro más antiguo de iconitas de dinosaurios en México. Su edad es del Jurásico Medio y provienen del Grupo Tecocoyunca, cerca de Santa María Xochitlapilco, Municipio de Huajuapán de León (FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 2007; Fig. 1 A, 2).

Se ha mencionado que estas iconitas son la evidencia de dinosaurios jurásicos más sureños de Norteamérica (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996; RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004; FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 2007). Aunque, como lo veremos más adelante, existe otro registro icnológico recientemente reportado para el mismo estado con una edad similar.

El área donde se encontraron estas iconitas no es muy grande y aunque son pocas las que están presentes en ella, representan una fauna relativamente diversa (FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 2007). Los dinosaurios identificados son un celurosaurio –un carnívoro de talla pequeña–, un saurópodo –de cuello largo–, un ornitópodo anquilopolexiano –con una púa en el pulgar como el famoso *Iguanodon*– y un posible alosauroideo –un carnívoro relacionado con el famoso *Allosaurus*– (FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 2007).

El tamaño de la mayoría de las iconitas es notablemente pequeño. Se considera que una de ellas es pequeña si su longitud es menor a 25 cm, siendo grande si sobrepasa dicha medida (THULBORN, 1990). Se ha propuesto que las presentes en esta localidad podrían representar una fauna pigmea (FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 2007). Generalmente, en las islas, los vertebrados de tallas grandes disminuyen su tamaño, a diferencia de los pequeños que lo aumentan (LOMOLINO, 2005). El territorio en que vivieron estos dinosaurios durante el Jurásico Medio en Oaxaca pudo ser un bloque aislado de otras masas continentales, como una isla, resultando en el proceso mencionado (FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 2007). Existe evidencia de este proceso en dinosaurios europeos con dimensiones reducidas y esto se conoce con base en huesos (SANDER *et al.*, 2006) e iconitas (DALLA VECCHIA, *et al.* 2001, DALLA VECCHIA, 2005). Por lo tanto, el escenario anterior es posible para este registro en México.

Existe otro reporte de iconitas de dinosaurios cerca de Tlaxiaco, en la Formación Zorrillo-Taberna del Jurásico Medio (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2013; Fig. 1.B, 2). En él, se menciona brevemente la presencia de terópodos –carnívoros–, saurópodos y anquilosaurios –dinosaurios armados en el último caso– (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2013). Éstas son interesantes porque junto con las antes mencionadas del Grupo Tecocoyunca, serían los dos registros más sureños de dinosaurios jurásicos para Norteamérica y los dos más antiguos de México (obs. pers.). Por otra parte, la presencia de iconitas de anquilosaurios no había sido reportada previamente en el estado y su aparición en el resto del país es muy escasa (obs. pers.). La información disponible aún es limitada debido a que el reporte original es breve. Es importante que se publique más al respecto debido a las implicaciones mencionadas.

Michoacán. El siguiente sitio es relevante debido a su importancia histórica. En 1978, Ferrusquía-Villafranca *et al.* reportaron iconitas en el área de Playa Azul, cerca de Chuta (Fig. 1C, 2). La edad asignada en ese momento fue de Jurásico Medio-Cretácico Temprano (FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA *et al.*, 1978). Hasta entonces, estas huellas fósiles eran desconocidas no solo en dicha zona, sino en todo México. Esa fue la primera vez que se

reportaron y describieron formalmente en nuestro país (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004; BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2014).

Posteriormente, estas icnitas fueron reestudiadas. Se redefinieron los grupos presentes como pertenecientes a terópodos de talla pequeña a media –celurosaurios, alosáuridos o ceratosáuridos– y ornitópodos también pequeños y medianos –camptosáuridos e hypsilofodóntidos– (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996, BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2014). Las últimas familias mencionadas han enfrentado dificultades en su reconocimiento como grupos válidos (obs. pers.). La edad de la localidad también fue redefinida como Jurásico Tardío con base en la presencia de los ornitópodos identificados (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996).

Se considera que las icnitas del Jurásico de Michoacán representan una de las faunas de dinosaurios más diversas de México (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996; RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004). Lo anterior se suma a la importancia histórica.

Durango. Hay un registro que ha sido complejo y a la vez, interesante (Fig. 1 D, 2). Aunque no contiene información detallada, una laja donada al museo Redpath Museum McGill University en Montreal, Canadá, en 1931, indica que procede de Durango (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 1998). Dicha laja cuenta con tres icnitas que inicialmente fueron consideradas como originadas por aves (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004). Posteriormente, fueron redefinidas como pertenecientes a terópodos pequeños e incluso se les atribuyó a un icnogénero llamado *Grallator* (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007a). Existe poca información publicada sobre estas icnitas; no obstante, con base en las imágenes publicadas (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007a; BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2014), se observa que la morfología de estas huellas no es similar a la de dicho icnogénero (obs. pers.).

Existe una unidad geológica del Jurásico Tardío en Durango llamada Complejo Nazas. Debido a que la laja procede del mismo estado y a que el tipo de roca es similar al de esa unidad, es posible que proceda de ahí y tenga la misma edad (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007a). Este caso nos demuestra la importancia de que las piezas depositadas en colecciones científicas de museos contengan información adecuada. Ello permite ubicar su procedencia en caso de que futuras investigaciones así lo requieran.

Asimismo, hay otras icnitas procedentes del mismo estado. Son poco conocidas y no se han estudiado formalmente. Aunque podrían ser jurásicas (com. pers. GUDIÑO-MAUSSAN, 2015), no se tiene certeza de su edad y se desconoce el yacimiento al que pertenecen. Por ello, permanecen con una edad indeterminada. Solo aparecen brevemente en una publicación monográfica sobre el Municipio El Oro (CARRETE-DE LA ROCHA, 2001; Fig. 1 E, 2). Conocidas localmente como *huellas del cocono*, se encuentran en un sitio nombrado como Paso del Árbol, a un kilómetro aproximado de Matamoros (CARRETE-DE LA ROCHA, 2001). La única fotografía disponible muestra unas cinco o seis icnitas y se menciona que tienen 10 cm de longitud (CARRETE-DE LA ROCHA, 2001). La morfología de éstas indica la presencia de terópodos pequeños en la zona (obs. pers.).

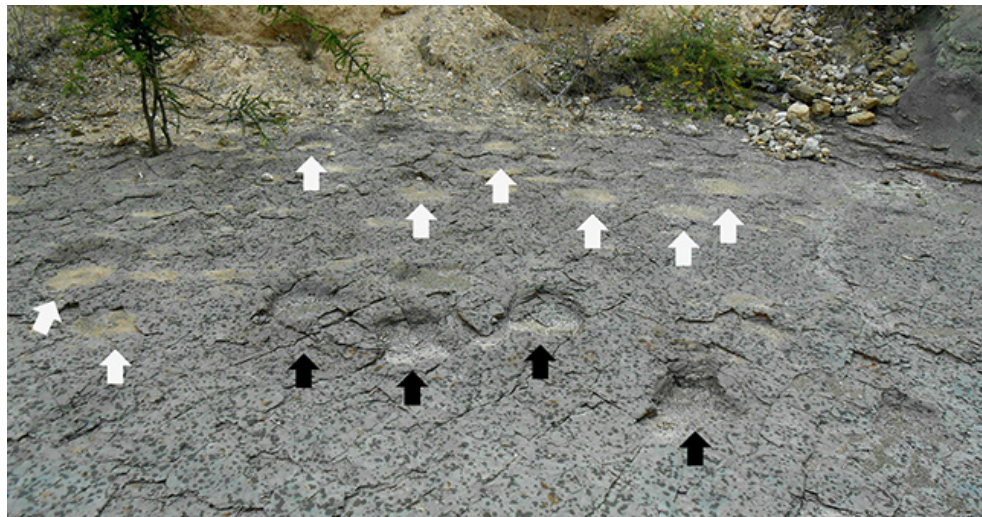
Ícnitas del Cretácico Temprano

Puebla. La unidad geológica conocida como Formación San Juan Raya (Fig. 1 F, 2) tiene varios lugares con ícnitas. Uno de ellos pertenece al Río Magdalena, cerca de San Martín Atexcal, con rastros de terópodos (posiblemente, alosaurioideos); así como ícnitas aisladas de ornitópodos y saurópodos (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2012, Fig. 1 F, 2).

Dentro de la misma Formación y muy cerca del poblado homónimo San Juan Raya, hay otros sitios que, además de aportar información paleontológica, son importantes por el trabajo turístico sustentable que en ellos se realiza. Sumado a un pequeño museo de sitio, la comunidad rural se ha organizado para ofrecer recorridos guiados a visitantes que quieran conocer la flora, fauna y fósiles de la zona.

Uno de los recorridos es el "Afloramiento las turrítelas". Ahí, además de observar gran cantidad de invertebrados marinos, también es posible admirar ícnitas de diferentes tamaños. Éstas han sido identificadas como pertenecientes a saurópodos titanosauriformes (CASTAÑEDA-SAMORÁN, 2012, Fig. 1 F, 2, 3). Aunque el área expuesta es pequeña, éstas son muy abundantes.

Figura 3. Rastros de ícnitas circulares de saurópodos en San Juan Raya, Puebla. Algunas de las más grandes y evidentes están indicadas con flechas negras. Otras presentes y poco claras están indicadas con flechas blancas.



A pesar del número de ícnitas y de su asociación en un mismo espacio, todas ellas no fueron producidas por un grupo gregario. Hay algunos rastros que indican individuos que se desplazaban en diferentes direcciones y otras huellas están sobrepuestas entre ellas (CASTAÑEDA-SAMORÁN, 2012). Los sitios con ícnitas de dinosaurios gregarios muestran rastros espaciados entre sí (LOCKLEY, 1993). Eso no se observa en este lugar y muchas de ellas no muestran patrones evidentes (obs. pers.). Con base en lo anterior, éste fue un lugar en el que transitaban diferentes individuos en distintos momentos. Es importante observar este tipo de aspectos en los sitios icnológicos a fin de interpretar correctamente la evidencia disponible.

El "Afloramiento de las pisadas" es otro de los recorridos disponibles. Ahí, se observan ícnitas de terópodos identificados como celurosaurios y carcarodontosáuridos (CASTAÑEDA-SAMORÁN, 2012, Fig. 1 F, 2, 4). Es un área también pequeña, donde hay

varios rastros presentes; los cuales se aprecian mejor que los de saurópodos antes mencionados. Es muy evidente que todos van en distintas direcciones e incluso dos de ellos se intersectan (CASTAÑEDA-SAMORÁN, 2012). Por lo tanto, dichos rastros tampoco evidencian un grupo gregario.

Figura 4. A. Rastros de terópodos en San Juan Raya, Puebla. Cada círculo indica una icnita. Obsérvese que todos los rastros van en distintas direcciones.
 B. Icnita individual de uno de los rastros.



ICNITAS DEL CRETÁCICO MEDIO

Chihuahua. Existe un reporte procedente de la Sierra de Juárez (muy cerca de la ciudad fronteriza homónima), en el lado sur de un sitio llamado Cerro Cristo Rey (KAPPUS *et al.*, 2011; Fig. 1G, 2). Geológicamente, las icnitas están en la Formación Mojado, ubicadas temporalmente en la última parte del Cretácico Temprano y la primera del Tardío (KAPPUS *et al.*, 2011).

Las icnitas se identificaron como pertenecientes a un terópodo, ornitópodos (con dos morfotipos que podrían representar tanto hadrosaurios –picos de pato– o iguanodontes) y anquilosaurios (KAPPUS *et al.*, 2011). Este es el primer registro extenso de icnitas de anquilosaurio en nuestro país (obs. pers.). De igual forma hay una huella de terópodo estudiada de gran tamaño (de 30 cm de ancho) que se ha relacionado con el icnogénero *Magnoavipes* (KAPPUS *et al.*, 2011).

Algunas icnitas en zonas aledañas en Estados Unidos (Nuevo México y El Paso, Texas) demuestran una icnofauna similar en toda el área (KAPPUS *et al.*, 2011).

ICNITAS DEL CRETÁCICO TARDÍO

Puebla. Estas icnitas se encontraron cerca del poblado de Mitepec y pertenecen a la Formación Mexcala. Fueron identificadas como un saurópodo titanosaurio y varios hadrosaurios (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996, Fig. 1H, 2). Todas ellas son pequeñas. Las de hadrosaurio (las más abundantes en la zona), comparadas con registros contemporáneos de otras partes del mundo, son diminutas (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996). Originalmente, se consideró que el titanosaurio que produjo esas huellas era un juvenil (BRAVO-CUEVAS Y JIMÉNEZ-HIDALGO, 1996). Con base en su tamaño, es posible que también los hadrosaurios lo fueran (obs. pers.).

Michoacán. La unidad geológica nombrada informalmente como Arenisca Aguililla en el Aguaje, contiene icnitas asignadas a tiranosáuridos, ornitomíidos –carnívoros similares a las avestruces actuales–, dromeosáuridos –carnívoros conocidos popularmente como raptores– y hadrosaurios (ORTIZ-MENDIETA, 2001; Fig. 1I, 2). Ésta se considera como una de las faunas de dinosaurios más diversas de México distinguida a partir de huellas fosilizadas (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2014).

Por otra parte, también se ha mencionado que la diversidad observada, al menos parcialmente, podría deberse a variaciones morfológicas (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004). Algunas de las icnitas tienen morfología que no permite distinguir fácilmente el tipo de dinosaurios al que pertenecen (obs. pers.). Incluso, los ornitomíidos se identificaron a partir de impresiones digitales aisladas (ORTIZ-MENDIETA, 2001). Posiblemente, algunos de los grupos descritos no estarían realmente representados en las icnitas estudiadas.

Las icnitas de Puebla (Formación Mexcala, Fig. 1H, 2) y Michoacán (Arenisca Aguililla, Fig. 1I, 2) son las únicas del Cretácico Tardío reportadas al sur del Eje Neovolcánico (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004).

Coahuila. Además de su conocida y llamativa abundancia en fósiles corporales de dinosaurios (KIRKLAND, *et al.*, 2000), este estado tiene el registro icnológico más abundante del país. No obstante, muchos sitios no han sido estudiados extensivamente y sólo se han publicado reportes breves al respecto (obs. pers.). Varias de las localidades conocidas pertenecen a la Formación Cerro del Pueblo y, aunque ya se conocían anteriormente, algunas han sido el objetivo de estudios más recientes.

Figura 5. Icnitas de posibles terópodos pequeños en Rincón Colorado, Coahuila. Las flechas negras indican las puntas de los dedos de cada una.



Como parte de esta Formación, en Rincón Colorado, Municipio de General Cepeda (Fig. 1J, 2), hay icnitas pequeñas similares a las generadas por aves (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014; Fig. 5); aunque podrían pertenecer a terópodos pequeños (obs. pers.). Éstas permanecen en canteras donde también se han encontrado partes corporales, mismas que fueron acondicionadas para recibir visitas turísticas. Relativamente cerca de ahí, pero sin acceso a visitantes, se encuentra un rastro de terópodo referido como un tiranosáurido (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014; Fig. 6) que actualmente se encuentra bajo nuevas observaciones (com. pers. GUDIÑO-MAUSSAN, 2014).

En la localidad El Pelillal, en el Municipio Ramos Arizpe (Fig. 1K, 2), se encontraron icnitas de un terópodo pequeño, asociadas a pterosaurios –reptiles voladores no relacionados con los dinosaurios– (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2003). Otra localidad, llamada El Quemado, también contiene algunas de pterosaurios y terópodos pequeños, aunque no se precisa su ubicación (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2014; Fig. 1L, 2).

Dentro de la misma Formación, se ha mencionado que el sitio con icnitas más grande de México es Las Águilas, en Porvenir de Jalpa, también en General Cepeda (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004; RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007b, BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014; Fig. 1M, 2, 7). Ahí, éstas son bastante abundantes y la profundidad de muchas de ellas (varios centímetros), así como sus tamaños, indicarían que algunas fueron generadas por individuos muy grandes y pesados (obs. pers., Fig. 7). Se han identificado huellas aisladas de hadrosaurios (Fig. 8A), así como rastros que denotan un desplazamiento en dos y cuatro patas (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004; RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007b). También hay de terópodos (Fig. 8B). Otras grandes pertenecen a tiranosáuridos y ornitomíidos (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA *et al.*, 2004; RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007b). Pese a ello, las publicaciones detalladas referentes a Las Águilas son escasas. Recientemente, se han realizado nuevos estudios que permitirán un mejor entendimiento de la fauna representada (com. pers. GUDIÑO-MAUSSAN, 2014).



Figura 6. Icnita de terópodo cercana a Rincón Colorado, Coahuila. Las líneas horizontales que se observan son marcas dejadas en el sedimento original por corrientes de agua (oleaje).



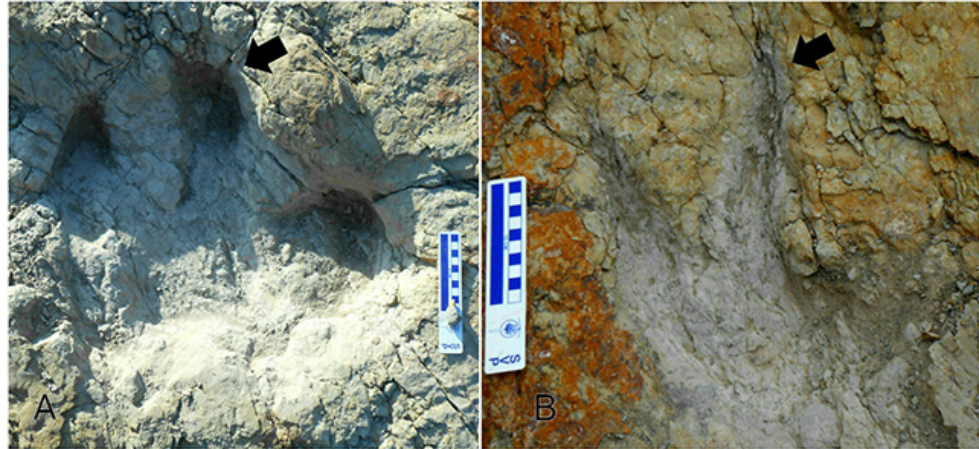
Figura 7. Icnitas presentes en Las Águilas, Coahuila. En la parte central se aprecia un rastro con icnitas grandes y profundas de hadrosaurio de varios metros de extensión.

(continúa de la columna anterior)

Existe un rastro cercano a Las Águilas que ha tenido varias interpretaciones. Inicialmente, se pensó que fue producido por

un hadrosaurio que se desplazaba en fango (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007b; BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014). Contrastantemente, otros autores han considerado que podría ser un pterosaurio o un dromeosáurido de gran tamaño (MEYER *et al.*, 2008). Como parte de los estudios recientes antes mencionados, este rastro se encuentra en reinterpretación (com. pers. GUDIÑO-MAUSSAN, 2014).

Figura 8. Icnitas procedentes de Las Águilas, Coahuila, pertenecientes a: A. hadrosaurio, B. terópodo. Las flechas negras indican los dedos medios de cada huella. En los hadrosaurios (A) son gruesos y terminan en puntas redondeadas. En los terópodos (B) son delgados y con puntas puntiagudas.



Nuevamente, en General Cepeda, un sitio conocido como la Parrita, que posiblemente pertenece a la Formación Cerro Huerta (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014; Fig. 1N, 2), contiene icnitas que han recibido diferentes interpretaciones. Un rastro fue identificado como un titanosaurio (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007b, BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014). Por su parte, otra huella grande y aislada fue inicialmente atribuida a un hadrosaurio (RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2007b) y posteriormente reinterpretada como un tiranosáurido (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014). A pesar del tamaño de ésta, la morfología que se observa en las fotografías publicadas (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014) es más afín a la de un hadrosaurio que a un terópodo (obs. pers.).

Figura 9. Rastro de hadrosaurio adulto de Fronteras, Sonora.

Existen otros lugares más al norte del estado y que pertenecen a otras Formaciones del Cretácico Tardío. Uno de ellos (con icnitas aisladas y un rastro de terópodo grande) se conoce como Santa Helena, en el Municipio de Sabinas, en la Formación Olmos (BRAVO CUEVAS Y RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, 2014; Fig. 1Ñ, 2). Otro más, nombrado Rancho Soledad (Formación Escondido), tiene huellas de terópodos asociadas a hadrosaurios (MEYER *et al.*, 2005, Fig. 1Ñ, 2), aunque es un poco ambiguo si pertenece a dicha Formación o a Olmos (SERVÍN-PICHARDO, 2013).



Sonora. Éste es uno de los registros de icnitas más recientes en los estudios de México. Se localiza en Esqueda, en el Municipio de Fronteras, y las rocas donde se encontraron pertenecen al Grupo Cabullona (SERVÍN-PICHARDO, 2013; Fig. 10, 2). En la década de 1990 se estudiaron huesos aislados y dientes procedentes de las Formaciones de este grupo. Se identificaron tiranosáuridos, ceratópsidos –dinosaurios con cuernos– y hadrosaurios (LUCAS *et al.*, 1995). En 2010 se encontraron icnitas en canteras de explotación comercial en un sitio conocido localmente como Carro quebrado. Luego de confirmarse que pertenecían a dinosaurios, se estudiaron para conocer los grupos que las generaron.

Las más abundantes fueron producidas por hadrosaurios (SERVÍN-PICHARDO, 2013; Fig. 9 y 10). Hay rastros que demuestran la presencia de individuos adultos (Fig. 9); aunque también una icnita aislada de menor tamaño corresponde a un subadulto (SERVÍN-PICHARDO, 2013; Fig. 10). También hay huellas de terópodos de talla pequeña y grande. De estos últimos, al menos una corresponde a un tiranosáurido (SERVÍN-PICHARDO, 2013). Hasta el momento no se han encontrado icnitas de ceratópsidos, lo cual contrasta con la presencia de sus huesos en el Grupo Cabullona (SERVÍN-PICHARDO, 2013). Los dinosaurios de la zona son similares a faunas presentes en partes de Estados Unidos (Arizona y Nuevo México), así como Coahuila en nuestro país (SERVÍN-PICHARDO, 2013).

Los hallazgos de estas icnitas han coincidido con nuevos descubrimientos de fósiles corporales en zonas cercanas de Fronteras, también dentro del Grupo Cabullona (DUARTE-BIGURRA, 2013). Las áreas en que se han recuperado son muy extensas y es posible que sigan surgiendo materiales que aporten más información sobre los dinosaurios de la región (obs. pers.).



Figura 10. Icnita aislada de hadrosaurio subadulto de Fronteras, Sonora.

Parte de la importancia de este registro radica en que la información conocida sobre los dinosaurios del Grupo Cabullona se ha obtenido complementariamente a partir de los fósiles corporales e icnitas estudiadas (tal como se mencionó en la parte introductoria). La diversidad de grupos de dinosaurios identificados en la zona a partir de ambos tipos de evidencia coincide parcialmente (SERVÍN-PICHARDO, 2013). Dicha coincidencia parcial indica que algunos grupos se han identificado con base en ambos tipos de evidencias; pero otros sólo están presentes de una forma u otra (SERVÍN-PICHARDO, 2013).

Conclusiones

Las investigaciones realizadas son relativamente recientes y han revelado información importante para el entendimiento de los dinosaurios mexicanos desde 1978 (cuando se publicaron las icnitas de Playa Azul, Michoacán). Aun así, los estudios han sido discontinuos desde ese primer reporte hasta la actualidad y el conocimiento generado es limi-

tado (SERVÍN-PICHARDO, 2013). Ha habido lapsos temporales con pocas investigaciones realizadas y, por lo tanto, poca información obtenida. Si bien los trabajos publicados han aumentado a partir de la década de 1990, muchos de ellos han sido breves (SERVÍN-PICHARDO, 2013). La presentación de investigaciones más extensas permitirá obtener más información de las icnitas estudiadas.

Como se ha visto a lo largo de esta revisión, las localidades con icnitas en nuestro país se encuentran ampliamente distribuidas en varios estados. Gracias a los trabajos realizados, sabemos que varias de ellas representan faunas diversas. En algunos casos, como en el registro de Sonora y Coahuila, la información se ha complementado entre estas huellas y fósiles corporales. Es importante que los estudios de ambos tipos de evidencia continúen para conocer más acerca de los dinosaurios mexicanos, lo cual permitirá descubrir más localidades con fósiles, identificar más grupos de dinosaurios a partir de ellas, obtener mayor información biológica a base de las icnitas, entender las diferencias y semejanzas entre faunas (en México y otras partes del Mundo), entre otras cosas.

Las áreas que ya se estudiaron pueden aportar información adicional a lo ya conocido si se encuentran materiales que permitan estudios novedosos. Tal es el caso del registro de Sonora. Si bien se conocía la presencia de dinosaurios en el Grupo Cabullona desde la década de 1990, las icnitas eran desconocidas antes de los descubrimientos realizados a partir de 2010. Igualmente, varios sitios ya conocidos en Coahuila se encuentran bajo nuevas observaciones (com. pers. GUDIÑO-MAUSSAN, 2014).

A la par de los nuevos descubrimientos y estudios, la conservación de los sitios con huellas y otros fósiles en general es primordial. El modelo de turismo comunitario adoptado en San Juan Raya tiene implicaciones importantes en varios aspectos. Por un lado, proporciona un ingreso económico importante para los pobladores, mismo que influye directamente en la conservación de los fósiles y otros recursos naturales de la zona. Gracias a que se ofrecen recorridos guiados por senderos determinados, se resguardan los fósiles presentes y se evita su venta o sustracción. Los recorridos están regulados y la comunidad entera se involucra en la atención a los visitantes. Así, todos entienden la importancia del resguardo de los recursos y participan en la conservación del entorno. Es importante la aplicación de modelos de este tipo en zonas donde coinciden comunidades y yacimientos fósiles que generalmente son susceptibles a deterioro, destrucción o sustracción de sus piezas.

Agradecimientos

Al M. en C. René Hernández Rivera por sus enseñanzas y apoyo en campo en los estados de Sonora, Coahuila y Puebla. Al M. en C. Ángel Alejandro Ramírez Velasco y al escritor Amilcar Amaya López por sus comentarios y consejos para la realización de este escrito; así como a los editores cuyas observaciones ayudaron a mejorar el mismo. Al Biol. Luis Gudiño Maussan por el aporte bibliográfico que permitió ampliar el contenido de este trabajo. A la M. en C. Felisa Aguilar por su apoyo durante las estancias en el estado de Coahuila. A la Dra. Marisol Montellano Ballesteros, Dr. Carlos González León, Ing. Rafael Pacheco, Grupo México, Autoridades Municipales de Fronteras, Sonora y a los voluntarios locales por el apoyo para la realización de las investigaciones en Sonora; así como a los Proyectos PAPIIT IN 101811-3 y PAPIIT IN 216511-2. 🌸

Bibliografía

- [1] BRAVO-CUEVAS, Victor Manuel y Eduardo Jiménez-Hidalgo, *Las Dinosauricnitas de México: Su significación geológico-paleontológica*, Tesis de Licenciatura, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, 1996.
- [2] BRAVO-CUEVAS, V. M. y R. A. Rodríguez-de la Rosa, "A summary of the mesozoic vertebrate tracks of Mexico" en *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*, Eds. Rivera-Sylva, H. E., Carpenter, K, Frey, E. Bloomington and Indianopolis: Indiana University Press, 2014, pp. 181-192.
- [3] CARRETE-DE LA ROCHA, Héctor Hugo, *Tu provincia en sus anales, El Oro*, Durango, México, Publicación del autor, 2001.
- [4] CASTAÑEDA-SALMORÁN, Aldo, *Descripción e identificación de la icnofauna de dinosaurios de San Juan Raya, Municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla*, Tesis de Licenciatura, Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología, 2012.
- [5] DALLA VECCHIA, F. M., G. Tunis, S. Venturini, A. Tarlao, "Dinosaur track sites in the upper Cenomanian (Late Cretaceous) of the Istrian Peninsula (Croatia)", *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 2001, Núm. 40, pp. 25-53.
- [6] DALLA VECCHIA, F. M., "Between Gondwana and Laurasia: Cretaceous Sauropods in an intraoceanic carbonate platform" en *Thunder-Lizards. The Sauropodomorph Dinosaurs*, Eds. Tidewell, V. y Carpenter, K. Bloomington and Indianopolis: Indiana University Press, 2005, pp. 395-429.
- [7] DUARTE-BIGURRA, Rubén, *Descripción de dos esqueletos parciales de Hadrosauridae (Dinosauria, Ornithischia) del Cretácico Superior de la región de Fronteras, Sonora, México*, Tesis de licenciatura, Hermosillo, Sonora: Universidad de Sonora, 2013.
- [8] FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA, I., S.P. Applegate y L. Espinosa-Arrubarrena, "Rocas volcanosadimentarias mesozoicas y huellas de dinosaurios en la región suroccidental Pacífica de México", *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 1978, Núm. 2, pp. (1978): 150-162.
- [9] FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA, I., V.M. Bravo-Cuevas y E. Jiménez-Hidalgo, "The Xochitlapilco dinosaur ichnofauna, Middle Jurassic of Oaxaca, southeastern Mexico: description and paleontologic significance", *Contributions in Science*, 2007, Núm. 515, pp. 1-40.
- [10] KAPPUS, E.J., S.G. Lucas y R. Langford, "The Cerro Cristo Rey Cretaceous dinosaur tracksites Sundland Park, New Mexico, USA; and Chihuahua, Mexico" en *Fossil Record 3. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 53, Eds. Sullivan R.M., Lucas, S.G. y Spielmann, J.A. 2011, pp. 272-288.

- [11] KIRKLAND, J.I. *et al.*, "The Late Cretaceous Difunta Group of the Parras Basin, Coahuila, Mexico, and its vertebrate fauna" en *Society of Vertebrate Paleontology Annual Meeting. Field Trip Guide Book: Mexico*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Avances en Investigación, 2000, Núm. 3, pp. 133-172.
- [12] LOCKLEY, Martin, *Siguiendo las huellas de los dinosaurios*, Madrid: McGraw-Hill, 1993.
- [13] LOMOLINO, M.V., "Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule", *Journal of Biogeography*, 2005, Núm. 32, pp. 1683-1699.
- [14] LUCAS, S.G., B.S. Kues y C.M. González-León, "Paleontology of the Upper Cretaceous Cabullona Group, northeastern Sonora" en *Studies on the Mesozoic of Sonora and Adjacent Areas: Boulder, Colorado, Geological Society of America. Special Paper*, Núm. 301, eds. Jacques-Ayala, C., González-León, C.M. y Roldán-Quintana, J. 1995, pp. 143-165.
- [15] MEYER, C.A., *et al.*, "Dinosaur Tracks from the Late Cretaceous Sabinas Basin (Mexico)", *Darmstädter Beiträge zur Naturgeschichte*, 2005, 14, pp. 41-45.
- [16] MEYER, C.A., E.D. Frey y B. Thüning, "The pitfalls of interpreting incomplete dinosaur trackways- an example of a dromaeosaurid trackway from the Late Cretaceous of the Sierra Madre Oriental (Cerro del Pueblo Formation, Late Campanian; Parras Basin, Coahuila, NE Mexico)" en *VI Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologist, Spišská Nová Ves, Slovak Republic*, junio-julio, 2008, pp. 69-73.
- [17] ORTÍZ-MENDIETA, Jorge Ángel, *Dinosauricnitas Cretácico-tardías de El Aguaje, Michoacán, región suroccidental de México y sus implicaciones geológico-paleontológicas*, Tesis de Licenciatura, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, 2001.
- [18] RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, R.A., "¿Aves o dinosaurios en Durango?", en *VI Congreso Nacional de Paleontología*, México, D.F., Febrero, 1998, pp. 58-59.
- [19] RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, R.A., "Pterosaur Tracks from the Latest Campanian Cerro del Pueblo Formation of southeastern Coahuila, Mexico" en *Evolution and Paleobiology of Pterosaurs*, Geological Society, London: Special Paper Publications, 217, Eds. Buffetaut, E. y J-M. Mazin, 2003, pp: 275-282.
- [20] RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, R.A., "El estudio de los Dinosaurios en México: historia, registro y perspectivas", *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 2007a, Núm. 37, pp. 49-58.
- [21] RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, R.A., "Hadrosaurian Footprints from the Late Cretaceous Cerro del Pueblo Formation of Coahuila, Mexico" en *4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America*, eds. Díaz-Martínez E., Rábano, I.,

Cuadernos del Museo Geominero, No. 8, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2007b, pp. 339-343.

- [22] RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, R.A., “El registro de huellas de vertebrados del Jurásico de México” en *VIII Congreso latinoamericano de paleontología. XIII Congreso Mexicano de paleontología*, Guanajuato, septiembre, 2013, pp. 79.
- [23] RODRIGUEZ-DE LA ROSA, R. A., M.C. Aguillón-Martínez, J. López-Espinoza y D.A. Eberth, “The Fossil Record of Vertebrate Tracks in México”, *Ichnos*, 2004, Núm. 11, pp. 27-37.
- [24] RODRÍGUEZ-DE LA ROSA, R.A., V.M. Bravo-Cuevas, E. Carrillo-Montiel y A. Ortiz-Ubilla, “Lower Cretaceous dinosaur tracks from Puebla, Mexico”, *Journal of Geological Research*, 2012, pp. 1-7.
- [25] SANDER, P. M., O. Mateus, T. Laven, N., Knötschke, “Bone histology indicates insular dwarfism in a new Late Jurassic sauropod dinosaur”, *Nature*, 2006, 441, pp. 739-741.
- [26] SERVÍN-PICHARDO, Ricardo, *Descripción e interpretación del primer registro de dinosauricnitas en el Grupo Cabullona (Cretácico Superior) de Esqueda, Municipio de Fronteras, Sonora*, Tesis de Licenciatura, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, 2013.
- [27] THULBORN, Richard, *Dinosaur tracks*, Londres: Hapman and Hall, 1990.